Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 20, No. 1, Spring 2022, p. 29-44

Comparison of Environmental Effects of Conventional and Low Input Saffron Production Systems in Razavi Khorasan by Using the Life Cycle Assessment Methodology

P. Rezvani Moghaddam[1*], S. Khorramdel[2], S. Farshchin[3]

Received: 20-01-2021 Revised: 28-07-2021 Accepted: 09-10-2021	**How to cite this article:** Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., and Farshchin, S. 2022. Comparison of Environmental Effects of Conventional and Low Input Saffron Production Systems in Razavi Khorasan by Using the Life Cycle Assessment Methodology. Iranian Journal of Field Crops Research 20 (1): 29-44. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/jcesc.2021.68449.1015.

Introduction

Over the past few decades, agriculture has experienced rapid intensification in agricultural ecosystems. Although, this production pattern has significantly improved the yield of some crops, but has also led to an uncontrolled increase in the consumption of various chemical inputs. Agricultural activities are always dependent on natural resources and therefore have complex relationships with the environment. Evidence shows that the negative consequences of these activities, which are due to increased application of chemical inputs (such as fertilizers and pesticides) and fossil fuels, land use change and tightening of agricultural operations, increase the incidence of pollution. Global warming and climate change, natural habitat loss and endangered biodiversity. Indigenous knowledge is well recognized for its contribution to global warming and climate change adaptation strategies, and natural resource conservation. The present study aimed to compare the environmental impacts of low input (as a local production system) and conventional (as a high input farming system) saffron systems in Razavi Khorasan province, Iran.

Materials and Methods

The required data related to saffron yield and management methods in low input and conventional systems in Razavi Khorasan province were collected from the Ministry of Jihad Agriculture, saffron farmers and different organizations in charge of agriculture. Data (as a 7-year perennial crop) were collected by using a face-to-face questionnaire. Four phases, such as goal and scope definition, inventory analysis, impact assessment, and interpretation, were designed to assess the life cycle indicator based on the ISO14044 procedure. Four main categories as impacts, including global warming, acidification, and eutrophication (terrestrial and aquatic) were defined. The functional unit was considered as a one-kg flower yield. N_2O_{Direct}, $N_2O_{Indirect}$, $N_2O_{leaching}$, and $N_2O_{volatilization}$ were computed for the production systems. K^2 and Pearson coefficients were computed.

Results and Discussion

The results showed that the conventional system's flower yield was higher than the low input farming system, up to 71 percent. Aquatic eutrophication potential for the conventional system was computed with 15.07 kg PO_4 eq./ per kg of flower higher than other management systems up to 34%. Environmental indicators for low input and conventional production systems were calculated with 2.72 and 3.51 Ecox per per kg of flower, respectively. The share on impact categories such as global warming, acidification, terrestrial eutrophication, and aquatic eutrophication were calculated with 16, 7, 8 and 69 percent from the conventional system's Ecox. The values were computed with 17, 7, 8, and 68 percent from the low input system's Ecox. The relationship between flower yield and fuel, nitrogen and fuel, nitrogen and phosphorus, and manure and yield was significant. The highest Pearson coefficient was calculated for flower yield and fuel with +0.824. The amount of CO_2 emission in the low input system was equal to 312.15 kg equivalent of CO_2 per kg of flower yield, which was 95% higher than the conventional system. On the other hand, the emissions of CH_4 and N_2O in the conventional system were 322.88 and 4913.94 kg, respectively, equivalent to CO_2 per kg of flower yield, which is 31 and 28% higher than the

1- Professor, Department of Agrotecnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2- Associate Professor, Department of Agrotecnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3- MSc. in Agroecology, Department of Agrotecnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: rezvani@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.68449.1015

emissions of these greenhouse gases in the system under management was low input. The global warming potential for the conventional management system was equal to 5262.67 kg equivalent of CO_2 per kg of flower yield, which was 18% higher than the low input system.

Conclusion

Based on the results, it is suggested that the implementation of conservation tillage methods, consumption of low inputs and more efficient irrigation systems be used in saffron production systems, which reduces consumption of fossil fuels as well as soil low input matter recovery and in the long run can have a significant impact on reducing the use of chemical fertilizers, especially nitrogen fertilizers. The integration of conservation tillage, indigenous knowledge, and traditional management based on women farmers are valuable contributions for global warming and climate change strategies, sustainable agriculture, natural resource and water management conservation especially in high input saffron agroecosystems.

Keywords: Climate change, Indigenous knowledge, Global warming, Smallholder and traditional farming system

نشریه پژوهش‌های زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱، ص ٤٤-۲۹

مقایسه اثرات زیست‌محیطی نظام‌های رایج و کم‌نهاده زعفران در استان خراسان رضوی با استفاده از ارزیابی چرخه حیات LCA

پرویز رضوانی مقدم[۱*]، سرور خرم دل[۲]، سینا فرشچین[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۷

چکیده

دانش بومی راهکاری سنتی در مدیریت نظام‌های کم‌نهاده و خرده‌پا است که عمدتاً برای سازگاری با گرمایش جهانی و تغییر اقلیم و حفاظت از منابع طبیعی نیز مفید واقع می‌شود. این مطالعه با هدف مقایسه اثرات زیست‌محیطی نظام‌های کم‌نهاده و رایج زعفران در استان خراسان رضوی انجام شد. نهاده‌های مصرفی طی سال‌های اول تا هفتم با استفاده از ۷۶ پرسشنامه جمع‌آوری و تعیین شد. ارزیابی چرخه حیات بر اساس روش ISO_{14044}، در چهار گام مشخص‌سازی اهداف و حوزه عمل، ممیزی چرخه حیات، ارزیابی تاثیر چرخه حیات و تلفیق، نتیجه‌گیری و تفسیر نتایج محاسبه گردید. گروه‌های تاثیر مورد مطالعه شامل گرمایش جهانی، اسیدی شدن و اوتریفیکاسیون (در محیط‌های خشکی و آبی) بودند. واحد کارکردی معادل یک کیلوگرم گل در نظر گرفته شد. انتشار مستقیم و غیرمستقیم اکسید نیتروس و انتشار اکسید نیتروس تحت تاثیر آبشویی و تصعید برای نظام‌های مختلف محاسبه شد. به‌منظور بررسی همبستگی متغیرهای مختلف عملکرد با میزان مصرف نهاده‌ها از آزمون کای مربع و ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. نتایج نشان داد که در مدیریت‌های مختلف، بین عملکرد با مصرف سوخت، کاربرد نیتروژن و سوخت، مصرف نیتروژن و فسفر و کاربرد کود دامی با عملکرد رابطه معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) وجود داشت. عملکرد گل در نظام تحت مدیریت رایج در مقایسه با نظام کم‌نهاده ۷۱ درصد بالاتر بود. پتانسیل اوتریفیکاسیون آبی برای نظام رایج برابر با ۱۵/۰۷ کیلوگرم معادل PO_4 به ازای یک کیلوگرم گل محاسبه شد که ۳۴ درصد بالاتر از نظام کم‌نهاده بود. شاخص بوم‌شناخت برای نظام‌های کم‌نهاده و رایج به‌ترتیب ۲/۷۲ و ۳/۵۱ EcoX به ازای یک کیلوگرم گل محاسبه شد. سهم گروه‌های مختلف تاثیر شامل گرمایش جهانی، اسیدی شدن و اوتریفیکاسیون در بوم‌نظام‌های خشکی و آبی از مجموع شاخص بوم‌شناخت در نظام رایج به‌ترتیب ۱۶، ۷، ۸ و ۶۹ درصد و برای نظام کم‌نهاده به‌ترتیب ۱۷، ۷، ۸ و ۶۸ درصد محاسبه شد. بالاترین ضریب همبستگی پیرسون برای عملکرد گل و مصرف سوخت برابر با ۰/۸۲۴+ ثبت گردید. به‌کارگیری مدیریت کم‌نهاده اثرات زیست‌محیطی کمتری در مقایسه با نظام‌های رایج به دنبال داشت. بر اساس نتایج، پیشنهاد می‌شود که خاک‌ورزی حفاظتی، تلفیق دانش بومی و بهره‌گیری از مدیریت سنتی بر پایه حضور زنان می‌تواند به‌عنوان راهکارهایی برای کاهش اثرات زیست‌محیطی، مقابله با گرمایش جهانی و تغییر اقلیم، دستیابی به کشاورزی پایدار و حفاظت از منابع طبیعی و آب در نظام‌های فشرده تولید زعفران مدنظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، دانش بومی، گرمایش جهانی، نظام‌های سنتی و خرده‌پا

مقدمه

بوم‌نظام‌های کشاورزی در چند دهه گذشته، با شدت بالای فشرده‌سازی را تجربه کرده‌اند که این امر اگرچه بهبود قابل توجه عملکرد برخی محصولات زراعی را موجب شده ولی به واسطه افزایش بی‌رویه مصرف انواع نهاده‌های شیمیایی محقق شده است (García- Palma and Sánchez-Mora Molina, 2016). شواهد نشان می‌دهد که پی‌آمدهای منفی این فعالیت‌ها که ناشی از افزایش مصرف نهاده‌های شیمیایی و سوخت‌های فسیلی، تغییر کاربری اراضی و فشردگی عملیات زراعی می‌باشند، باعث تشدید بروز آلودگی‌های زیست‌محیطی، گرمایش جهانی و تغییر اقلیم، از بین رفتن زیستگاه‌های طبیعی و به مخاطره افتادن تنوع زیستی شده است (Heller and Keoleian, 2003 Tilman *et al.*, 2002).

کشاورزی به میزان زیادی تحت تاثیر تغییر اقلیم و گرمایش جهانی قرار می‌گیرد (Gregory *et al.*, 2005). با توجه به تاثیر

۱- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- کارشناس‌ارشد کشاورزی اکولوژیک گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.68449.1015

مستقیم گرمایش جهانی بر درجه حرارت، این عامل محیطی کنترل‌کننده فرآیندهای اصلی گیاهان بوده و مراحل نمو و گلدهی را بشدت تحت تاثیر قرار می‌دهد (Koocheki *et al.*, 2009; Menzel, 2000).

زعفران (*Crocus sativus* L.) یکی از محصولات اصلی و مهم استان خراسان می‌باشد که طی سال‌های اخیر تحقیقاتی مبتنی بر کاهش عملکرد آن تحت تاثیر گرمایش جهانی و تغییر اقلیم در مناطق مختلف تولید به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک گزارش شده است. اگرچه عوامل زراعی متعددی بر عملکرد گل این گیاه موثر هستند، ولی درجه حرارت عامل اصلی اقلیمی و کنترل‌کننده رفتار گلدهی آن می‌باشد (Koocheki *et al.*, 2009; Molina *et al.*, 2004; Molina *et al.*, 2005; Gresta *et al.*, 2009) و از طرفی، پیش‌بینی‌ها موید افزایش درجه حرارت در استان خراسان طی سال‌های اخیر می‌باشد که تاثیر این تغییرات اقلیمی با استفاده از مدل‌سازی برای زعفران نیز تایید شده است (Koocheki *et al.*, 2009).

یکی از مهم‌ترین راهکارهای سنتی در بومنظام‌های زراعی خرده‌پا به‌منظور ارتقای ظرفیت سازگاری در بومنظام‌های زراعی در مقابله با تغییر اقلیم و تخفیف سایر اثرات زیست‌محیطی، استفاده از پتانسیل دانش بومی[1] می‌باشد. دانش بومی، بخشی از سرمایه ملّی هر قوم است که باورها، ارزش‌ها، روش‌ها و آگاهی‌های محلی و دانش‌های اکولوژیک افراد مختلف همچون کشاورزان را از محیط زندگی در بر می‌گیرد. این دانش، حاصل قرن‌ها آزمون و خطا بوده و تحت تاثیر عوامل اقتصادی و اجتماعی ایجاد می‌شود (García- Palma and Sánchez-Mora Molina, 2016). به‌کارگیری دانش بومی برای حفاظت از زمین، آب و منابع، ضروری می‌باشد (Turner and Garibaldi, 2004; Montanari and Bergh, 2019). راهکارهای سنتی و بومسازگارانه در بومنظام‌های کشاورزی، تولید بهینه با اثرات زیست‌محیطی کم، ردپای اکولوژیکی پایین و متناسب با پتانسیل بالقوه، ریشه در بینشی عمیق دارد که کشاورزان آن را در طی زمان در وجود خود نهادینه نموده‌اند. کشاورزی کم‌نهاده و سنتی یا به بیانی خرده مالکی[2] مبتنی بر دانش بومی بوده که بر ویژگی‌هایی چون سازگاری با محیط طبیعی، اتکا بر کاربرد منابع محلی، عدم وابستگی به منابع غیرتجدیدشونده، تنوع در کشت، استفاده معقول و بهینه از منابع، پایداری نظام‌های تولید غذا و حفاظت از منابع تاکید دارد (Cheharsoghi and Mirdamadi, 2008). شاهولی (Shahvali, 2011) تأکید نمود که دانش بومی جزء ضروری برای توسعه محلی محسوب می‌شود. بسیاری از محققان بر مزایای دانش بومی جوامع روستایی در بسیاری از نقاط جهان دارای اقلیم‌های مختلف نیز تاکید داشته‌اند (Briggs, 2013; Briggs, 2014; Briggs and Sharp, 2004). از اوایل قرن بیست و یکم، تحقیقات متعددی درباره دانش بومی و ارتباط آن با سازگاری نسبت به تغییر اقلیم در بومنظام‌های زراعی انجام شده (Green and Raygorodetsky, 2010; Galloway Mclean, 2010; Salick and Ross, 2009) و محققین متعقدند که سازگاری/ تخفیف تبعات تغییر اقلیم با به‌کارگیری دانش بومی در مدیریت نظام‌های زراعی امکان‌پذیر است (Hiwasaki *et al.*, 2014).

با توجه به این امر که امروزه روند تولید و سطح زیر کشت محصولات ارگانیک و کم‌نهاده به شکل قانون‌مند و چشمگیری در حال افزایش است، لذا حرکت به سمت تولید ارگانیک زعفران که نظام تولید آن در ایران معمولاً به‌صورت کشاورزی خانوادگی، روستا محوری، خرده‌مالکی، معیشتی و کم‌نهاده مدیریت می‌شود (Khorramdel *et al.*, 2018; Koocheki *et al.*, 2017)، می‌تواند علاوه بر کاهش اثرات زیست‌محیطی، تضمین‌کننده رقابت ایران در بازارهای خارجی بوده و موجب ارتقای سطح سلامت مصرف‌کنندگان شود. فلاحی و همکاران (Fallahi *et al.*, 2021) نیز تاکید نمودند اگرچه بسیاری از مراحل تولید، فرآوری، تجارت و مصرف زعفران در ایران بر مبنای دانش بومی پایه‌ریزی شده و بیشتر تولیدات این گیاه در مزارع با سطح کوچک به‌صورت همکاری خانوادگی و بهره‌گیری از نهاده‌ها و فناوری‌های بومسازگار شکل می‌گیرد و از طرفی بخش قابل‌توجهی از تولید این محصول در ایران نزدیکی بالایی با اصول کشاورزی ارگانیک دارد، ولی از نظر قواعد و استانداردهای تولید این محصول صرفاً به‌عنوان یک محصول شبه‌ارگانیک تلقی می‌شود. البته از جمله مشکلات مرتبط با تولید ارگانیک زعفران، عدم وجود استاندارد جامع، عدم دسترسی آسان و کم‌هزینه به موسسات صدور گواهی و نیز بازاریابی ضعیف محصول تولیدی معرفی شده‌اند (Fallahi *et al.*, 2021). در همین راستا ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید زعفران می‌تواند ضمن افزایش توجه به محیط زیست، منجر به کاهش هزینه‌ها و انتخاب شیوه‌های پایدار مدیریتی شود و از طرفی کیفیت محصول را نیز بهبود بخشد. از این‌رو، هدف این تحقیق، مقایسه اثرات زیست‌محیطی نظام‌های کم‌نهاده و رایج تولید زعفران در استان خراسان رضوی با استفاده از ارزیابی چرخه حیات LCA و برآورد انتشار اکسید نیتروس بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور جمع‌آوری داده‌ها مربوط به عملکرد زعفران و روش‌های مدیریتی در نظام‌های کم‌نهاده و رایج در استان خراسان رضوی (برای تمام سال‌های بهره‌برداری در مزارع هفت ساله)، از اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی استفاده و مراجعه حضوری به سازمان‌های زیربط و

1- Indigenous knowledge
2- Smallholder

تکمیل ۷۶ پرسشنامه از کشاورزان مختلف در شهرستان‌های نیشابور، فیروزه، مشهد، سبزوار، قوچان، تربت حیدریه و کاشمر انجام شد. لازم به ذکر است اگرچه برخی مزارع به‌ویژه بر مبنای مدیریت سنتی و کم‌نهاده دارای سن بیشتری بودند، ولی جهت ایجاد یکنواختی تنها هفت سال اول هر مزرعه به‌عنوان یک نظام تولیدی مدنظر قرار گرفت.

ارزیابی اثرات زیست‌محیطی: بر اساس روش ارائه شده در ISO_{14044} (Brentrup *et al.*, 2004a, b; ISO, 2006)، LCA در چهار گام تعریف اهداف و حوزه عمل، ممیزی چرخه حیات، ارزیابی تاثیر چرخه حیات و تلفیق و تفسیر نتایج، محاسبه و تعیین شد. در گام اول، «واحد کارکردی» معادل یک کیلوگرم گل در نظر گرفته شد (Brentrup *et al.*, 2004a, b). در گام دوم، میزان مصرف نهاده‌ها تحت هر دو نوع نظام مدیریتی بر حسب واحد کارکردی محاسبه (Brentrup *et al.*, 2001) و اثرات زیست‌محیطی بر اساس استانداردهای بین‌المللی برآورد شد (Finkbeiner *et al.*, 2006).

گروه‌های تاثیر مورد مطالعه شامل گرمایش جهانی، اسیدی شدن و اوتریفیکاسیون در دو زیرگروه آبی و خشکی بودند. پتانسیل گرمایش جهانی که برای بیان پتانسیل انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای در تشدید گرمایش جهانی و تغییر اقلیم مورد استفاده قرار می‌گیرد (Brentrup *et al.*, 2004a, b)، از طریق تعیین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای شامل دی‌اکسید کربن، متان و اکسید نیتروس محاسبه و بر اساس معادل دی‌اکسید کربن یکسان‌سازی شد (ISO, 2006). پتانسیل اسیدی شدن، بر اساس میزان ورود املاح و ترکیبات معدنی به خاک برآورد و به‌صورت کیلوگرم واحد معادل SO_2 به ازای واحد کارکردی بیان شد (Brentrup *et al.*, 2004a, b; Biswas *et al.*, 2008). از آنجا که ورود NH_3 و NO_x در بوم‌نظام‌های خشکی و نشت ترکیبات نیتروژن و فسفر به آب‌های سطحی در بوم‌نظام‌های آبی موجب تشدید پتانسیل اوتریفیکاسیون می‌شود (Brentrup *et al.*, 2004a, b)، این گروه تاثیر در دو زیرگروه خشکی و آبی برآورد و به‌ترتیب بر اساس واحدهای معادل NO_x و PO_4 یکسان‌سازی شد (Brentrup *et al.*, 2004a, b).

در گام بعد، سه گروه فوق ممیزی و تاثیر کارکرد بوم‌نظام بر اساس واحد کارکردی تعیین شد. شاخص‌ها بر اساس دستورالعمل ISOو ضرایب، نرمال‌سازی (Guinée, 2001) و وزن‌دهی شدند تا شدت تاثیر آن‌ها بر حسب وزن هر گروه لحاظ گردد (Brentrup *et al.*, 2004a, b). در آخرین مرحله، شاخص بوم‌شناخت محاسبه شد (Brentrup *et al.*, 2004a, b).

برآورد انتشار اکسید نیتروس: میزان انتشار مستقیم و غیرمستقیم اکسید نیتروس تحت تاثیر مصرف کودهای شیمیایی با استفاده از روابط (۱) و (۲) محاسبه گردید (Rochette, 2008).

$$N_2O_{Direct} = N_{NSF} \times EF \times {}^{44}/_{28} \times 310 \quad (۱)$$

$$N_2O_{Indirect} = N_2O_L \times N_2O_V \times {}^{44}/_{28} \times 310 \quad (۲)$$

در این روابط، N_2O_{Direct}: انتشار مستقیم اکسید نیتروس (بر حسب $kg\ N_2O\ ha^{-1}$)، N_{NSF}: میزان کود شیمیایی نیتروژن مصرفی بر حسب $kg.ha^{-1}$، EF: فاکتور انتشار اکسید نیتروس برای نهاده‌های مختلف، $N_2O_{Indirect}$: انتشار غیرمستقیم اکسید نیتروس (برحسب kg $N_2O\ ha^{-1}$) و N_2O_L و N_2O_V: به‌ترتیب انتشار اکسید نیتروس تحت تاثیر فرآیندهای آبشویی و تصعید هستند که با استفاده از روابط (۳) و (۴) محاسبه شدند.

$$N_2O_L = N_F \times R_L \times EF_L \quad (۳)$$

$$N_2O_V = N_F \times R_V \times EF_V \quad (۴)$$

در این روابط، N_f: مقدار مصرف کود نیتروژن بر حسب $kg.ha^{-1}$، R_L و R_V: به‌ترتیب نشان‌دهنده ضرایب انتشار در اثر آبشویی و تصعید و EF_L و EF_V: فاکتورهای انتشار بر اثر آبشویی و تصعید، $R_{Leaching}$ و $R_{Volatilization}$: ضرایب انتشار اکسید نیتروس تحت تاثیر آبشویی و تصعید می‌باشند (Helgason *et al.*, 2005).

نتایج بر اساس آماره‌های توصیفی و فراوانی نتایج پرسشنامه‌ها با استفاده از کای مربع پیرسون، ضریب همبستگی پیرسون به کمک نرم‌افزار تحلیل آماری SPSS ver. 25 مورد مقایسه آماری قرارگرفت. شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و Sigma plot رسم شد.

نتایج و بحث

در جدول ۱ ضرایب کای مربع پیرسون برای عملکرد گل و میزان مصرف نهاده‌ها در نظام‌های کم‌نهاده و پرنهاده تولید زعفران نشان داده شده است.

همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، مجموع عملکرد گل زعفران در نظام‌های هفت ساله تحت مدیریت رایج ۷۱ درصد بالاتر از نظام‌های کم‌نهاده تعیین گردید که تحت تاثیر فراهمی بالاتر عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و فسفر و خاک‌ورزی‌های فشرده می‌باشد. در سایر مطالعات نیز حداقل اختلاف بین عملکرد در نظام‌های رایج و کم‌نهاده ۲۰ درصد گزارش شده است (Lee *et al.*, 2019) که به تفاوت در مدیریت نظام‌های زراعی به‌ویژه محتوی فسفر خاک نسبت داده می‌شود (Oehl *et al.*, 2002). نتایج مطالعه فعلی همچنین تایید نمود که عملکرد در هر دو نظام مدیریتی رایج و سنتی ارتباط معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۵$) با میزان مصرف سوخت دارد. نتایج آزمون همبستگی پیرسون با عدد ۰/۸۲۴+ نشان‌دهنده ارتباط خطی مثبت و قوی بین این دو متغیر می‌باشد (جدول ۱) که تاکید می‌نماید مصرف نهاده‌های شیمیایی و به‌کارگیری ماشین‌آلات در نظام‌های فشرده بر عملکرد گل زعفران بسیار موثر می‌باشد.

میزان انتشار دی‌اکسید کربن در نظام رایج برابر با ۶۶۸/۸۲ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن به ازای یک کیلوگرم گل محاسبه شد که ۵۲ درصد بالاتر از نظام کم‌نهاده بود. از طرف دیگر، میزان انتشار متان و اکسید نیتروس در نظام رایج به‌ترتیب ۳۲۲/۸۸ و ۴۹۱۳/۹۴ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن به ازای یک کیلوگرم گل به‌دست آمد که ۲۳ و ۲۷ درصد بالاتر از انتشار این گازها در نظام کم‌نهاده بود. مجموع پتانسیل گرمایش جهانی برای نظام مدیریت رایج برابر با ۵۲۶۲/۶۷ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن به ازای یک کیلوگرم گل محاسبه شد که ۲۷ درصد بالاتر از نظام کم‌نهاده حاصل گردید (شکل ۱).

نتایج نشان داد که میزان مصرف نیتروژن در نظام‌های رایج کشت زعفران ارتباط معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با میزان مصرف سوخت دارد. هرچند نتایج آزمون همبستگی پیرسون ارتباط خطی مثبتی بین این دو متغیر نشان نداد، اما بر اساس نتایج، به‌طور کلی افزایش استفاده از نهاده‌های کشاورزی و سوخت ارتباط مثبتی با یکدیگر دارند (جدول ۱). مصرف انرژی در بوم‌نظام‌های زراعی به‌واسطه استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنه، به‌کارگیری ماشین‌های کشاورزی و اجرای روش‌های آبیاری موجب افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود (Moudrý *et al.*, 2013; Ramedani *et al.*, 2011). از طرف دیگر، بختیاری و همکاران (Bakhtiari *et al.*, 2015) میانگین انتشار گازهای گلخانه‌ای در نظام‌های تولید زعفران را ۲۳۲۵/۵ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن در هکتار برآورد کرده و عمده‌ترین عامل انتشار این گازها را به مصرف کودهای شیمیایی نسبت دادند.

جدول ۱- ضرایب کای مربع پیرسون برای عملکرد گل و مصرف نهاده‌ها در نظام‌های کم‌نهاده و پرنهاده تولید زعفران

Table 1- Pearson Chi-Square coefficients for flower yield and some inputs in low input and conventional production systems of saffron

	نظام کم‌نهاده Low input system	نظام رایج Conventional system			
	عملکرد گل و سوخت Flower yield and fuel	عملکرد گل و سوخت Flower yield and fuel	عملکرد گل و کود دامی Flower yield and cow manure	سوخت و نیتروژن Fuel and nitrogen	نیتروژن و فسفر Nitrogen and phosphorus
کای مربع پیرسون Pearson Chi-Square	559.583*	716.833**	451.500**	268.651**	111.400**
آزمون نسبت درست نمایی Likelihood ratio	180.522	208.655	146.741	112.760	66.777
پیوستگی خطی Linear-by-linear association	0.045	26.470	4.233	2.304	1.531

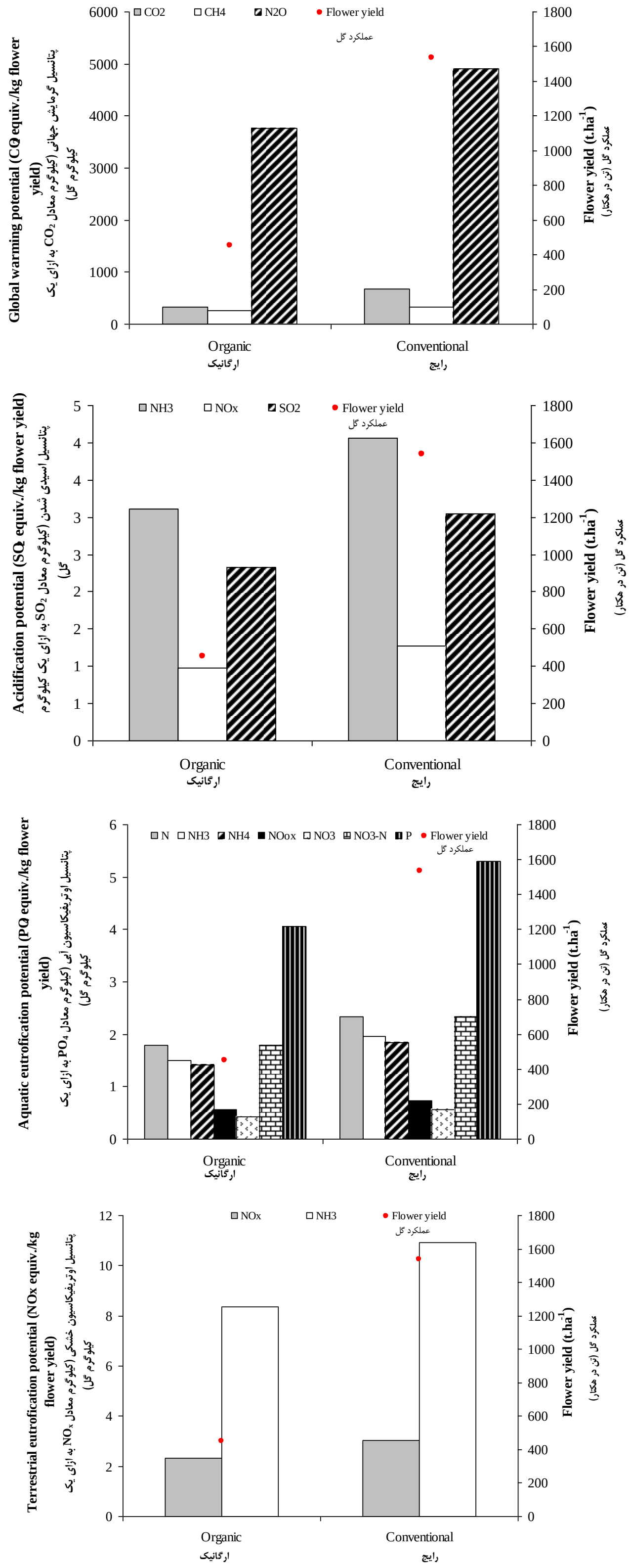
* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and **: are significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

در همین راستا، برآوردها نشان می‌دهد فعالیت‌های کشاورزی و تغییر کاربری اراضی عامل انتشار ۲۴-۲۱ درصد گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر می‌باشند (Aguilera *et al.*, 2013a; Morugán-Coronado *et al.*, 2020; Vicente-Vicente *et al.*, 2016; Tubiello *et al.*, 2015). بر اساس نتایج مطالعات متاآنالیز، نقش کشاورزی در تخفیف و سازگاری نظام‌های زراعی در مقابله به‌طور معنی‌داری با تغییر اقلیم بالا تعیین شده است (Aguilera *et al.*, 2013a; Morugán-Coronado *et al.*, 2020; Lee *et al.*, 2019; Moudrý *et al.*, 2013).

علاوه بر این که به‌کارگیری نظام‌های خاکورزی فشرده و رایج تشدید تغییر اقلیم و تخریب خاک را به دنبال دارد، در درازمدت نیز به‌کارگیری این نوع مدیریت زراعی می‌تواند تهدیدی برای پایداری نظام‌های زراعی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب شود (Morugán-Coronado *et al.*, 2020). از طرف دیگر، به‌کارگیری راهکارهای زراعی مناسب تحت تاثیر کشاورزی حفاظتی، تخفیف مصرف انرژی و انتشار کربن را به دنبال دارد (Karimi *et al.*, 2012).

از دیگر دلایل مصرف بالای سوخت در مزارع زعفران تحت تاثیر مدیریت‌های مختلف، به‌ویژه مدیریت‌های سنتی و خرده‌پا به‌کارگیری ماشین‌آلات فرسوده و با عمر زیاد و عدم تناسب ماشین‌آلات با عملیات زراعی و مساحت مزرعه می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد کشاورزی حفاظتی با بهبود کیفیت و تنظیم چرخه‌های عناصر غذایی در خاک باعث افزایش تاب‌آوری نظام‌های زراعی برای انطباق با تغییرات اقلیمی می‌شود، از این‌رو اجرای این نظام، به‌عنوان یک راهکار اکولوژیک برای سازگاری با تغییرات اقلیمی مطرح می‌باشد (Hobbs and Govaerts, 2010).



شکل ۱– انتشار آلاینده‌ها و شاخص‌های تاثیر چرخه حیات برای گروه‌های مختلف تاثیر در نظام‌های تولید زعفران به ازای یک واحد کارکردی

Figure 1- Emissions of pollutants and life cycle impact indicators for different impact categories in saffron production systems per one functional unit

اجرای نظام‌های کشاورزی حفاظتی علاوه بر ایجاد پایداری، به‌علت عدم خاکورزی فشرده و حفظ باقیمانده‌های گیاهی موجب افزایش ترسیب کربن و صرفه‌جویی در مصرف سوخت و نیروی کار شده (Su *et al.*, 2007) که در نهایت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را نیز به دنبال دارد (Baker *et al.*, 2007). نتایج بررسی هزینه‌های کشاورزی در اجرای نظام‌های حفاظتی نسبت به نظام‌های فشرده و رایج در اردن نشان داد که با کاهش به‌کارگیری نیروی کار و ماشین‌آلات برای عملیات آماده‌سازی زمین در نظام‌های کشاورزی حفاظتی، مصرف سوخت و انرژی حدود ۶۰–۴۰ درصد کاهش یافت (Khresat, 2016). روبرتسون و همکاران (Robertson *et al.*, 2000) نیز عنوان کردند اجرای نظام کشاورزی حفاظتی، با مصرف سوخت فسیلی کمتر، موجب افزایش نسبی ماده آلی در خاک می‌شود که به نوبه خود به مرور زمان نیاز به استفاده از کودهای شیمیایی را کاهش و ثبات را بهبود خواهد داد. از طرف دیگر، اجرای شیوه‌های کشاورزی رایج که به خاک‌ورزی فشرده و مصرف کودهای شیمیایی متکی هستند، با تسریع در تجزیه بقایای محصولات گیاهی، علاوه بر تاثیر منفی بر فعالیت میکروارگانیسم‌های خاکزی، کربن را به اتمسفر منتشر می‌کند (Baker *et al.*, 2007). در همین راستا برآورد شده است که در سال‌های اخیر کربن زیادی که طی سالیان طولانی در خاک ترسیب شده بود، به دلیل اجرای خاکورزی‌های فشرده به اتمسفر آزاد شده است (Balesdent *et al.*, 2000; Six *et al.*, 2004). بر این اساس، واردات تکنولوژی‌های سازگار با محیط و اجرای خاک‌ورزی‌های حفاظتی می‌تواند علاوه بر حفظ بقایای گیاهی و بهبود ماده آلی خاک، نقش موثری در راستای انتشار غلظت دی‌اکسید کربن به همراه داشته باشد (Al-Kaisi and Yin, 2005). همچنین از آنجا که کارکردهای خاک حمایت‌کننده و پشتیبان سایر خدمات بوم‌نظام و تعیین‌کننده کیفیت خاک می‌باشد (Zornoza *et al.*, 2015)، اجرای نظام‌های کم‌خاکورزی با حداقل دستکاری و برهم زدن خاک می‌تواند علاوه بر بهبود خدمات، سایر کارکردها نظیر کاهش تبخیر و بهبود محتوی ذخیره رطوبتی خاک را تقویت و ثبات تولید را بویژه برای این نظام‌های حساس نسبت به تغییرات اقلیمی تضمین نماید.

علاوه بر مزایای ذکر شده در فوق، اگرچه زنان معمولاً نقش حاشیه‌ای و اندکی در مدیریت نظام‌های کشاورزی دارند (Glazenbrook, 2011)، ولی به نظر می‌رسد که وارد کردن آن‌ها در مدیریت نظام‌های زراعی به‌ویژه در نظام‌های مبتنی بر مدیریت سنتی و کشاورزی خانوادگی[1] همچون زعفران می‌توانند انعطاف‌پذیری و سازگاری این نظام‌ها را نسبت به تغییرات اقلیمی بهبود بخشد (Galvin, 2009; McKune *et al.*, 2015). بررسی‌ها تایید می‌نماید که زنان در نظام‌های کشاورزی خرده‌پا تمایل زیادی به پذیرش تکنولوژی‌های سازگار با منابع طبیعی دارند (Murage *et al.*, 2015). سایر مطالعات نیز نشان می‌دهد که زنان دارای دانش اکولوژیکی بومی بوده و علاقه‌مند به حفاظت پایدار از محیط‌زیست و مدیریت سازگار با منابع طبیعی هستند (Montanari and Bergh, 2019). بر این اساس، به نظر می‌رسد بهره‌گیری از زنان روستایی در مدیریت تولید زعفران به‌ویژه نظام‌های رایج و فشرده به‌دلیل نگاه عمیق و بوم‌شناختی آن‌ها از طریق اجرای مدیریت کم‌نهاده و مصرف کمتر نهاده‌های شیمیایی می‌تواند در کاهش اثرات زیست‌محیطی مفید واقع شود.

انتشار اکسید نیتروس بین یک تا پنج درصد از نیتروژن مصرفی در مدیریت زراعی نظام‌های تولیدی گزارش شده است، علاوه بر این، اکسید نیتروس تحت تأثیر فرآیند دنیتریفیکاسیون به محیط منتشر می‌شود (Crutzen *et al.*, 2008). میزان مصرف نیتروژن در نظام‌های رایج کشت زعفران ارتباط معنی‌داری با مصرف فسفر داشته ($p \leq ۰/۰۱$) (جدول ۱) که نشان‌دهنده تمایل بالای مصرف انواع کودهای شیمیایی در بین کشاورزان در نظام‌های تحت مدیریت رایج بالا می‌باشد. البته از آنجا که جذب عناصر غذایی به تعادل بین محتوی آن‌ها در خاک بستگی دارد، لذا پیشنهاد می‌شود که هنگام مصرف کودهای شیمیایی، خصوصیات خاک تعیین شود.

مصرف کودهای دامی مهم‌ترین منبع انتشار متان از مزارع تحت مدیریت کم‌نهاده و ارگانیک می‌باشند؛ به طوری‌که انتشار آن، ۰/۳۷ گرم متان به ازای هر کیلوگرم کود دامی در سال گزارش شده است (Van der Hoek and Van Schijndel, 2006). با وجود تاثیر مثبت کاربرد کود دامی بر بهبود خصوصیات خاک، برخی محققان تأکید دارند که افزایش ماده آلی خاک به‌عنوان راهکاری بوم‌شناختی در جهت بهبود پتانسیل ترسیب کربن و کاهش تغییر اقلیم موثر می‌باشد (Zhang *et al.*, 2016).

سهم انتشار NH_3، NO_x و SO_2 در گروه تأثیر اسیدی شدن در نظام رایج تولید زعفران به‌ترتیب ۴/۰۶، ۱/۲۷ و ۳/۰۴ کیلوگرم معادل SO_2 به ازای یک کیلوگرم گل به‌دست آمد که ۲۳، ۲۷ و ۳۴ درصد بالاتر از نظام کم‌نهاده بود. مجموع پتانسیل گروه تأثیر اسیدی شدن برای نظام رایج برابر ۸/۳۷ کیلوگرم معادل SO_2 به ازای یک کیلوگرم گل محاسبه شد که ۴۱ درصد بالاتر از نظام تحت مدیریت کم‌نهاده بود (شکل ۱).

فعالیت‌های کشاورزی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل نشت فرم‌های مختلف نیتروژن به محیط‌زیست مطرح می‌باشد (Billen *et al.*, 2013). تولید و مصرف کودهای شیمیایی و به‌ویژه نیتروژن علاوه بر مصرف انرژی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین موارد موثر در ایجاد

1- Family farming

و تشدید بروز آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی محسوب می‌شود (Zhang *et al.*, 2012;Bexfield, 2008). بر این اساس، به‌کارگیری تناوب‌های زراعی با تاکید بر گیاهان خانواده بقولات و تغییر در تعداد سال‌های آیش، ذخیره‌سازی آب، بهبود چرخه‌های غذایی در خاک و کاهش نیاز به مصرف کودهای شیمیایی را به همراه دارد (White *et al.*, 2011). همچنین به‌علت برهم‌زدن چرخه زندگی آفات و بیماری‌ها، امکان کنترل آن‌ها از طریق راهکارهای پایدار نیز فراهم می‌شود و استفاده از سموم شیمیایی را نیز به حداقل می‌رساند. کاشت گیاهان با عمق توسعه ریشه متفاوت در شرایط اجرای تناوب زراعی، امکان استفاده از آب و عناصر غذایی از اعماق متفاوت خاک را نیز فراهم می‌آورد، از طرفی نیازهای متفاوت عناصر غذایی برای گیاهان مختلف در تناوب زراعی باعث کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی نیز می‌شود (ECAF, 2019). از این‌رو، انتخاب و اجرای تناوب‌های زراعی مناسب می‌توانند در سازگاری و تخفیف اثرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف سموم و کودهای شیمیایی همچون گروه تأثیر اسیدی شدن مفید واقع شود.

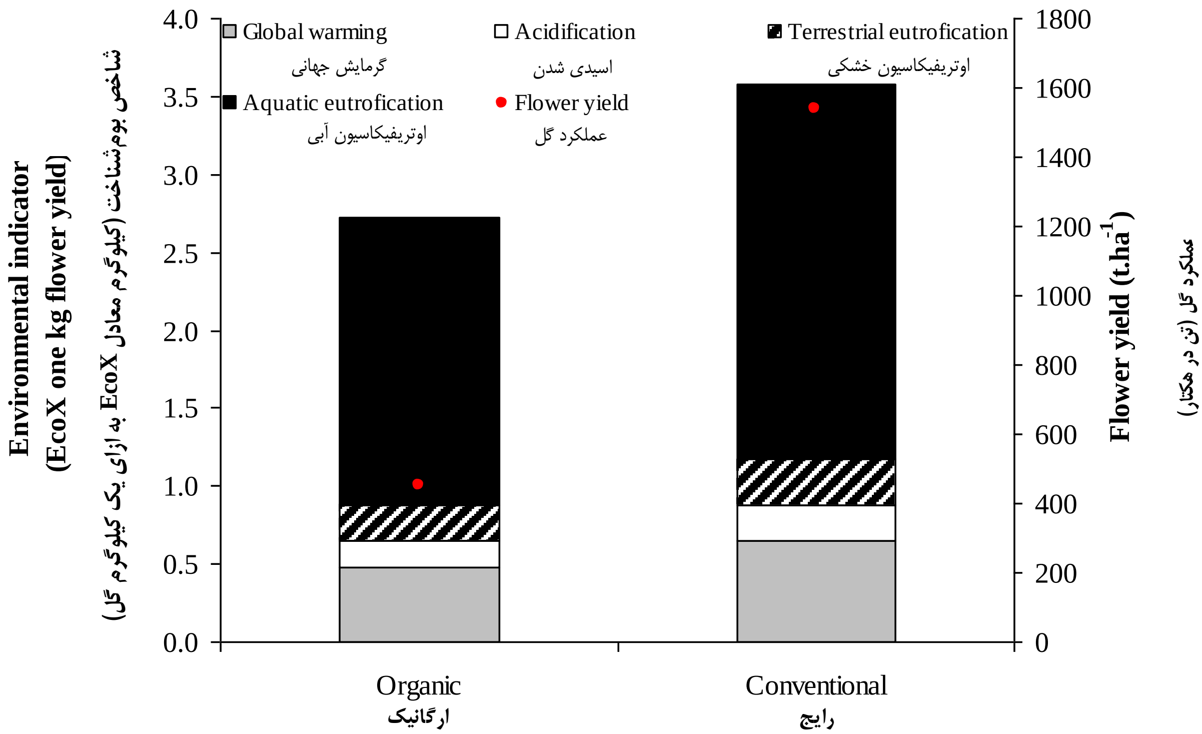
میزان انتشار NO_x و NH_3 در نظام رایج به‌ترتیب ۳/۰۴ و ۱۰/۹۱ کیلوگرم معادل SO_2 به ازای یک کیلوگرم گل به‌دست آمد که ۳۸ و ۴۵ درصد بالاتر از نظام تحت مدیریت کم‌نهاده بود. مجموع پتانسیل گروه تأثیر اوتریفیکاسیون در زیرگروه خشکی در نظام رایج ۰/۲۹ کیلوگرم معادل SO_2 به ازای یک کیلوگرم گل به‌دست آمد که ۳۵ درصد بالاتر از نظام کم‌نهاده بود (شکل ۱). همچنین میزان انتشار N، NH_3، NH_4، NO_x، NO_3، NO_3-N و P برای نظام رایج به‌ترتیب با ۲/۴۳، ۱/۹۵، ۱/۸۴، ۰/۷۳، ۰/۵۶، ۲/۴۳ و ۵/۳۰ کیلوگرم معادل PO_4 به ازای یک کیلوگرم گل حاصل گردید که ۱۹، ۲۷، ۳۲، ۳۸، ۴۱، ۴۴ و ۱۶ درصد بالاتر از انتشار این فرم‌های آلاینده‌ها در نظام کم‌نهاده بود. مجموع پتانسیل اوتریفیکاسیون در زیرگروه آبی برای نظام رایج برابر با ۱۵/۰۷ کیلوگرم معادل PO_4 به ازای یک کیلوگرم گل محاسبه شد که ۳۴ درصد بیشتر از نظام تحت مدیریت کم‌نهاده بود (شکل ۱).

انتشار نیترات به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در گروه تأثیر اوتریفیکاسیون، بیش از هر چیز به شرایط اقلیمی و خصوصیات خاک بستگی داشته و در شرایط محیطی ثابت، تابع میزان مصرف نیتروژن است (Charles *et al.*, 2006). فسفر نیز به‌عنوان یکی دیگر از اصلی‌ترین عوامل موثر در تشدید اوتریفیکاسیون در بوم‌نظام‌های زراعی مختلف تحت انواع شرایط آب و هوایی در دنیا محسوب می‌شود (Khoshnevisan *et al.*, 2013;Charles *et al.*, 2006). از طرفی، ماده آلی می‌تواند به صورت پوششی محافظ در اطراف ذرات کود، به‌عنوان پیونددهنده فسفر در محل‌های تبادل آنیونی بوده و یا از طریق واکنش با فسفر و تشکیل ترکیبات فسفات آلی عمل نماید و قابلیت استفاده از فسفر را به دلیل آزادسازی تدریجی آن افزایش دهد (Zolfi Bavariani and Nouruzi, 2010). نتایج تحلیل رگرسیونی گام‌به‌گام رفتار کشاورزان منطقه ورامین بر پذیرش استفاده از انواع کودهای آلی و روش‌های حفاظت خاک پایدار نشان داد که دانش حفاظت از خاک می‌تواند تا ۸۳ درصد از تغییرات پذیرش روش‌های حفاظت آن را توضیح دهد (Rezvanfar *et al.*, 2009). از این‌رو، راهکارهای مبتنی بر افزایش مصرف نهاده‌های آلی در جهت تولید باثبات در بوم‌نظام‌های زراعی مناطق خشک و نیمه‌خشک به موضوعی اساسی برای کاهش فقر و ارتقای وضعیت پایداری کشاورزی و از طرفی بهبود خصوصیات خاک به‌ویژه در نظام‌های سنتی و مبتنی بر اصول مدیریت اکولوژیک و ارگانیک تبدیل شده‌است.

آموزش و ترویج کشاورزان جهت آگاه‌سازی، ارایه راهکارهای پایدار همراه با شناخت خصوصیات اکولوژیکی گیاهان و توجه به شرایط آب و هوایی منطقه می‌توانند در انتخاب بهترین روش‌های مدیریت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز و کاهش اثرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودها و سموم شیمیایی در گروه تأثیر اوتریفیکاسیون موثر واقع شود (Woodley, 1991). استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی علاوه بر افزایش هزینه، از طریق ایجاد مقاومت در علف‌های هرز و افزایش غلظت و دفعات کاربرد سموم مصرفی، پایداری نظام‌های رایج را تهدید می‌نماید. همچنین نتایج برخی پژوهش‌ها در شرایط تغییر اقلیم نشان داد که به دلیل افزایش سرعت تجزیه آفت‌کش‌ها در اثر افزایش درجه‌حرارت‌های بالا و تغییر در برخی عوامل محیطی، تأثیر مصرف این مواد شیمیایی کمتر شده که در نتیجه افزایش مصرف این سموم را به دنبال خواهد داشت. علاوه بر این نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که جذب و انتقال سموم دفع آفات، وابسته به میزان بارندگی و محتوی آب قابل دسترس در خاک بوده و تأثیر آن در صورت کاهش تعرق در مناطق خشک و نیمه‌خشک همچون مزارع زعفران، محدود می‌شود (Keikotlhaile, 2011). بنابراین، انتظار می‌رود که با تشدید تغییرات اقلیمی، تعداد و غلظت مصرف آفت‌کش‌های مصرفی نیز بیشتر شود که در این شرایط به‌کارگیری روش‌های سازگار، جایگزین و تلفیقی در کاهش اثرات زیست‌محیطی اهمیت بیشتری دارد (Delcour *et al.*, 2015). از این‌رو، با توجه به اهمیت دانش بومی در حفاظت از تنوع بیولوژیکی و استفاده پایدار از منابع طبیعی (Smith *et al.*, 2017)، پیشنهاد می‌شود روش‌های غیرشیمیایی و سازگار با محیط‌زیست مشابه با نظام‌های سنتی و تحت مدیریت کم‌نهاده و ارگانیک برای کنترل آفات و علف‌های هرز به‌کارگرفته شود که این امر تخفیف اثرات زیست‌محیطی گروه‌های تاثیر اسیدی شدن و اوتریفیکاسیون را به دنبال دارد.

مجموع شاخص بوم‌شناخت برای نظام‌های کم‌نهاده و رایج تولید زعفران به‌ترتیب ۲/۷۲ و ۳/۵۱ EcoX به ازای یک کیلوگرم گل

محاسبه شد. میزان این شاخص در نظام‌های مختلف برای گروه‌های تأثیر گرمایش جهانی، اسیدی شدن و اوتریفیکاسیون در بوم‌نظام‌های خشکی و آبی برای مدیریت رایج به‌ترتیب برابر با ۰/۵۷، ۰/۲۴، ۰/۲۹ و ۱/۷۶ EcoX به ازای یک کیلوگرم گل به‌دست آمد که ۱۸، ۲۵، ۳۳ و ۲۶ درصد بالاتر از نظام دارای مدیریت کم‌نهاده بود. سهم گروه‌های تأثیر گرمایش جهانی، اسیدی شدن و اوتریفیکاسیون در بوم‌نظام خشکی و آبی از مجموع شاخص بوم‌شناخت در نظام رایج به‌ترتیب ۱۶، ۷، ۸ و ۶۹ درصد و برای نظام با مدیریت کم‌نهاده به‌ترتیب ۱۷، ۷، ۸ و ۶۸ درصد محاسبه گردید (شکل ۲).

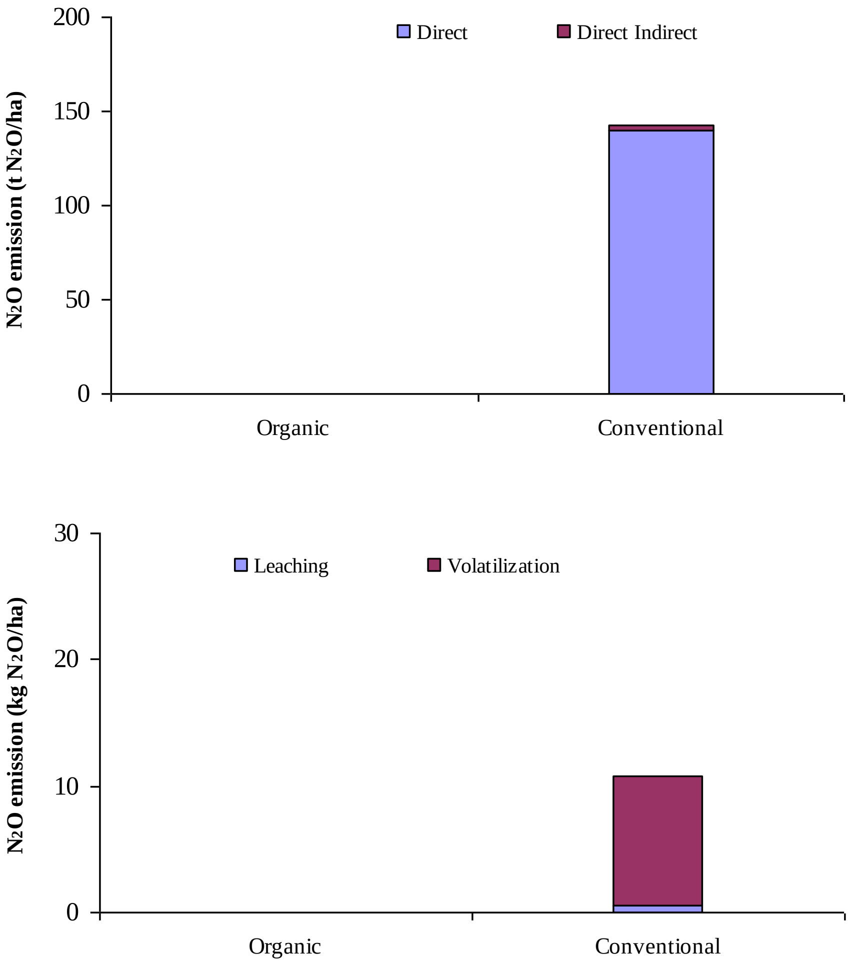


شکل ۲- شاخص بوم‌شناخت چرخه حیات در گروه‌های مختلف تأثیر به ازای یک کیلوگرم گل در نظام‌های مختلف تولید زعفران

Figure 2- Environmental indicators of different impact categories for one kg flower in different production systems of saffron

یکی از راهکارهای اکولوژیکی برای بهبود وضعیت زیست‌محیطی در بوم‌نظام‌های زراعی، افزایش بهره‌وری و بهبود عملکرد اقتصادی است (Iriarte *et al.*, 2010; Romero-Gámez *et al.*, 2014). بر این اساس، به منظور بهینه‌سازی نظام‌های تولید زعفران در استان خراسان رضوی از نظر انرژی، وضعیت اقتصادی و همچنین کاهش اثرات زیست‌محیطی، پیشنهاد می‌شود بهینه‌سازی و انتخاب الگوهای کاشت مناسب، جایگزینی نهاده‌ها و منابع غیرقابل تجدید با نهاده‌های تجدیدپذیر (Alluvione *et al.*, 2011)، اجرای کشاورزی دقیق، توسعه به‌کارگیری تکنولوژی‌های نو (Yuan and Peng, 2017)، ارتقای وضعیت ماشین آلات و بهره‌گیری از دانش بومی و تلفیق آن با دانش نوین (Ford *et al.*, 2016; Montanari and Bergh, 2019; Strauch *et al.*, 2016; UN-CFCCC, 2013) مدنظر قرار گیرد.

میزان انتشار اکسید نیتروس تحت تاثیر فرآیندهای آبشویی و تصعید در نظام‌های تولید فشرده به‌ترتیب برابر با ۰/۵۱ و ۱۰/۲۸ کیلوگرم اکسید نیتروس به ازای یک هکتار و میزان انتشار مستقیم و غیرمستقیم اکسید نیتروس در نظام‌های تحت مدیریت رایج و فشرده برابر با ۱۴۰/۲۴ و ۲/۵۷ تن اکسید نیتروس به ازای یک هکتار برآورد گردید. همچنین به‌دلیل عدم مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه تحت مدیریت کم‌نهاده میزان انتشار این گاز گلخانه‌ای برابر با صفر محاسبه شد (شکل ۳).



شکل ۳- میانگین انتشار اکسید نیتروس در نظام‌های تولید زعفران تحت مدیریت‌های مختلف

Figure 3- Mean of N_2O emission for saffron crop under different management systems

نتایج این مطالعه تایید نمود که عملکرد گل زعفران ارتباط معنی‌داری (p≤۰/۰۱) با میزان مصرف کودهای دامی دارد. همچنین نتایج آزمون همبستگی پیرسون با عدد ۰/۳۹۶+ نشان‌دهنده ارتباط خطی مستقیم و متوسط بین این دو متغیر می‌باشد (جدول ۱). در طی قرن گذشته، ضریب همبستگی بین مصرف کود و تولیدات کشاورزی در جهان بالا بوده و برابر ۰/۹ گزارش شده است (Heffer and Prud-homme, 2009). تقریباً دو سوم گازهای گلخانه‌ای منتشر شده در دنیا تحت تاثیر فعالیت‌های کشاورزی به شکل اکسید نیتروس بوده که عمده این انتشار مربوط به ناشی از مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه است (Gan *et al*., 2012). هیلیر و همکاران (Hillier *et al*., 2009) نیز گزارش کردند که ۷۵ درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید محصولات مختلف زراعی در اسکاتلند ناشی از مصرف کودهای نیتروژنه است. علی‌رغم مصرف بی‌رویهٔ کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن در نظام‌های زراعی نظیر زعفران، متوسط عملکرد این گیاه پایین‌تر از سایر کشورهای عمده تولیدکننده بوده (Koocheki, 2018) و رابطهٔ مثبت و معنی‌داری بین مصرف کودهای مختلف و عملکرد این گیاه در ایران گزارش نشده است. در همین راستا چارلز و همکاران (Charles *et al*., 2006) نیز نتیجه گرفتند که تأمین مقادیر عناصر مورد نیاز گیاه با تاکید بر بهبود کارآیی مصرف نهاده‌ها مزایای زیست‌محیطی بسیاری به دنبال دارد.

سلامت خاک تحت عنوان شاخصی برای تعیین ظرفیت آن به‌صورت کارکرد بوم‌نظام تعریف می‌شود که اجزای زنده و کارکردهای آن‌ها را حمایت می‌نماید (Doran and Zeiss, 2000). این شاخص کیفی به‌طور چشمگیری وابسته به مدیریت زراعی بوده (Doran and Zeiss, 2000) که تضمین‌کننده دستیابی به عملکرد بالا بوده و موجب جلوگیری از تلفات عناصر غذایی می‌شود

(Congreves *et al.*, 2015). علاوه بر این، نظام‌های زراعی می‌توانند کارکردهای فراوانی نظیر تولید غذا، تنوع زیستی و تخفیف اثرات تغییر اقلیم را به همراه داشته باشند (Aguilera *et al.*, 2013b; Lee *et al.*, 2019). در این راستا، تلفیق دانش بومی با بهره‌گیری از علم مدرن امروزی و تکنولوژی، اصل مهمی جهت حفظ شاخص‌های بیولوژیک سلامت خاک، سازگاری با تغییرات آب و هوایی (Ford *et al.*, 2016; Montanari and Bergh, 2019)، دستیابی به کشاورزی پایدار، نوآوری در مدیریت آب و سایر منابع طبیعی و همچنین تضمین سلامت جامعه (Berkes *et al.*, 2007; Montanari and Bergh, 2019; Strauch *et al.*, 2016; UN-CFCCC, 2013) همراه با دستیابی به سطح مطلوبی از تولید محسوب می‌شود.

نتیجه‌گیری

با مقایسه شاخص‌های زیست‌محیطی نظام‌های تحت مدیریت مختلف رایج و سنتی زعفران طی سال‌های اول تا هفتم در استان خراسان رضوی به‌نظر می‌رسد که زمین‌های تحت مدیریت کم‌نهاده و خرده‌پا دارای مساحت کمتر بوده و بر اجرای عملیات زراعی با نیروی انسانی و مصرف کودهای آلی تکیه دارند. از طرف دیگر، زمین‌های با مساحت بیشتر و تحت مدیریت فشرده و رایج بر به‌کارگیری بیشتر ماشین‌آلات و مصرف نهاده‌های شیمیایی وابستگی بالاتری دارند. شاخص بوم‌شناخت برای نظام‌های کم‌نهاده و رایج به‌ترتیب ۲/۷۲ و ۳/۵۱ EcoX به ازای یک کیلوگرم گل محاسبه شد که بیشترین سهم در مقایسه گروه‌های مختلف تاثیر از مجموع شاخص بوم‌شناخت مربوط به اوتریفیکاسیون آبی (به‌ترتیب برابر با ۶۸ و ۶۹ درصد) بود. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که راهکارهای فشرده‌سازی پایدار و اکولوژیک نظام‌های زراعی نظیر تلفیق دانش بومی و نوین، بهره‌گیری از زنان روستایی، افزایش کارآیی استفاده از نهاده‌ها و جایگزینی نهاده‌های شیمیایی با نهاده‌های سازگار با محیط‌زیست از طریق کاهش سهم انرژی‌های ورودی و استفاده از نهاده‌های تجدیدپذیر، به‌عنوان راهکارهای پایدار برای افزایش تولید، همراه با کاهش تلفات عناصر غذایی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در مدیریت نظام‌های زراعی فشرده را به‌منظور تخفیف اثرات زیست‌محیطی مدنظر قرار داد. همچنین از آنجا که سلامت خاک، کارکرد ضروری بوم‌نظام‌های زراعی بوده که به‌طور چشمگیری وابسته به مدیریت زراعی می‌باشد و با توجه به این مطلب که مدیریت خاک‌های سالم موجب دستیابی به عملکرد بالا و جلوگیری از تلفات عناصر غذایی می‌شود، مشخص است که تقویت و بهبود پویایی و باروری خاک به‌ویژه در بوم‌نظام‌های فشرده زعفران می‌تواند کارکردهای فراوانی نظیر تولید غذا، تنوع زیستی و تخفیف تغییر اقلیم را به همراه داشته باشد.

سپاسگزاری

بودجه این پروژه از محل اعتبار طرح پژوهه شماره ۴۷۴۶۶ مورخ ۱۳۹۷/۰۶/۱۸ توسط معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

References

1. Aguilera, E., Lassaletta, L., Gattinger, A., and Gimeno, B. S. 2013a. Managing soil carbon for climate change mitigation and adaptation in Mediterranean cropping systems: A meta-analysis. Agriculture, Ecosystems & Environment 168: 25-36. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.02.003.
2. Aguilera, E., Lassaletta, L., Sanz-Cobena, A., Garnier, J., and Vallejo, A. 2013b. The potential of organic fertilizers and water management to reduce N_2O emissions in Mediterranean climate cropping systems. A review. Agriculture, Ecosystems & Environment 164: 32-52. https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.09.006.
3. Al-Kaisi, M. M., and Yin, X. 2005. Tillage and crop residue effects on soil carbon and carbon dioxide emission in corn–soybean rotations. Journal of Environmental Quality 34, 437-445. https://doi.org/10.2134/jeq2005.0437.
4. Alluvione, F., Moretti, B., Sacco, D., and Grignani, C. 2011. EUE (energy use efficiency) of cropping systems for a sustainable agriculture. Energy 36 (7): 4468-4481. https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.03.075.
5. Baker, J. M., Ochsner, T. E., Venterea, R. T., and Griffis, T. J. 2007. Tillage and soil carbon sequestration- What do we really know? Agriculture, Ecosystems & Environment 118 (1): 1-5. https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.05.014.
6. Bakhtiari, A. A., Hematian, A., and Sharifi, A. 2015. Energy analyses and greenhouse gas emissions assessment for saffron production cycle. Environmental Science and Pollution Research 22 (20): 16184-16201. https://doi.org/10.1007/s11356-015-4843-6.
7. Balesdent, J., Chenu, C., and Balabane, M. 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. Soil and Tillage Research 53 (3): 215-230. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(99)00107-5.
8. Bexfield, L. M. 2008. Decadal-scale changes of pesticides in ground water of the United States, 1993-2003. Journal of Environmental Quality 37: 226-239. https://doi.org/10.2134/jeq2007.0054.
9. Billen, G., Garnier, J., and Lassaletta, L. 2013. The nitrogen cascade from agricultural soils to the sea: Modelling nitrogen transfers at regional watershed and global scales. Philosophical Transactions of the Royal Society B:

Biological 368(1621): 20130123. https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0123.
10. Biswas, W. K., Barton, L., and Carter, D. 2008. Global warming potential of wheat production in Western Australia: A life cycle assessment. Water Environment Research 22: 206-216. https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2008.00127.x.
11. Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J. 2001. Application of the life cycle assessment methodology to agricultural production: An example of sugar beet production with different forms of nitrogen fertilisers. The European Journal of Agronomy 14: 221-233. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00098-8.
12. Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J. 2004a. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production. European Journal of Agronomy 20 (3): 247-264. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(03)00024-8.
13. Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., Barraclough, P., and Kuhlmann, H. 2004b. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology: II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. European Journal of Agronomy 20 (3): 265-279. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(03)00039-X.
14. Briggs, J. 2013. Indigenous knowledge: A false dawn for development theory and practices? The Progress in Development Studies 13 (3): 231-243. https://doi.org/10.1177/1464993413486549.
15. Briggs, J. 2014. Indigenous knowledge and development: In Desai, V. and Potter, B. R. (Ed.): The Companion to Development Studies. 3rd Edition. London and New York: Routledge.
16. Briggs, J., and Sharp, J. 2004. Indigenous knowledge and development: A postcolonial caution. Third World Quarterly 25 (4): 661-676. https://doi.org/10.1080/01436590410001678915.
17. Charles, R., Jolliet, O., Gillard, G., and Pellet, D. 2006. Environmental analysis of intensity level in wheat production using life cycle assessment. Agriculture, Ecosystems & Environment 113: 216-225. https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.09.014.
18. Cheharsoghi, H., and Mirdamadi, M. 2008. An analytical study of the factors influencing sustainable agriculture practical women farmers in Anzali: With emphasis on indigenous knowledge for rice cultivation. Iranian Journal of Agricultural Knowledge 5 (1): 61-83. (in Persian with English abstract).
19. Congreves, K. A., Hayes, A., Verhallen, E. A., and Van Eerd, L. L. 2015. Long-term impact of tillage and crop rotation on soil health at four temperate agroecosystems. Soil and Tillage Research 152: 17-28.
20. Crutzen, P. J. 1981. Atmospheric chemical processes of the oxides of nitrogen, including nitrous oxide. In: C.C. Delwiche (Ed.), Denitrification, nitrification, and atmospheric nitrous oxide, New York: Wiley. p. 17-44.
21. Delcour, I., Spanoghe, P., and Uyttendaele, M. 2015. Literature review: Impact of climate change on pesticide use. Food Research International 68: 7-15. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.09.030.
22. Doran, J. W., and Zeiss, M. R. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. Applied Soil Ecology 15: 3-11.
23. ECAF. 2109. A major new research study in favour of conservation agriculture. Available at Web site http://www.ecaf.org/inaction/news/item/60-a-major-new-research-study-in-favour-of-conservation-agriculture.
24. Fallahi, H. R., Behdani, M. A., Rezvani Moghaddam, P., and Jami Al-Ahmadi, M. 2021. Principles of standardization of organic saffron production in Iran. Journal of Saffron Agronomy and Technology 9 (1): 43-79. (in Persian with English abstract).
25. Finkbeiner, M., Inaba, A., Tan, R. B. H., Christiansen, K., and Klüppel, H. J. 2006. The new international standards for life cycle assessment: ISO 14040 and ISO 14044. International Journal of Life Cycle Assessment 11 (2): 80-85. https://doi.org/10.1065/lca2006.02.002.
26. Ford, J. D., Cameron, L., Rubis, J., Maillet, M., Nakashima, D., Cunsolo Willox, A., and Pearce, T. 2016. Including indigenous knowledge and experience in IPCC assessment reports. Nature Climate Change 6: 349-353. https://doi.org/10.1038/nclimate2954.
27. Galloway Mclean, K. 2010. Climate change impacts, adaptation, mitigation and indigenous peoples-a compendium of case studies. United Nations University– Traditional Knowledge Initiative, Darwin, Australia.
28. Galvin, K. A. 2009. Transitions: Pastoralists living with change. The Annual Review of Anthropology 38: 185-198.
29. Gan, Y., Liang, C., Huang, G., Malhi, S., Brandt, A., and Katepa-Mupondwa, F. 2012. Carbon footprint of canola and mustard is a function of the rate of N fertilizer. The International Journal of Life Cycle Assessment 17: 58-68. https://doi.org/10.1007/s11367-011-0337-z.
30. García-Palma, M. B., and Sánchez-Mora Molina, M. I. 2016. Knowledge and female entrepreneurship: A competence and social dimension. Suma de Negocios 7: 32-37. https://doi.org/10.1016/j.sumneg.2015.12.005.
31. Glazenbrook, T. 2011. Women and climate change: A case-study from northeast Ghana. Hypatia 26 (4): 762-782. https://doi.org/10.1111/j.1527-2001.2011.01212.x.
32. Green, D., and Raygorodetsky, G. 2010. Indigenous knowledge of a changing climate. Climatic Change 100: 239-

242.
33. Gregory, P. J., Ingram, J. S. I., and Brklacich, M. 2005. Climate change and food security. Philosophical Transactions of the Royal Society A 360: 2139-2148. https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1745.
34. Gresta, F., Avola, G., Lombardo, G. M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2009. Analysis of flowering, stigmas yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by environmental conditions. Scientia Horticulturae 119: 320-324. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.08.008.
35. Guinée, J. B. 2001. Life cycle assessment: An operational guide to the ISO standards. Centre of Environmental Science, Leiden University, Leiden.
36. Heffer, P., and Prud-homme, M. 2009. Mediumterm outlook for global fertilizer demand, supply and trade: 2009-2013. In Proceedings 77th IFA Annual Conference, 25th -27th May, Shangha, China. P. 1-12.
37. Helgason, B. L., Janzen, H. H., Chantigny, M. H., Drury, C. F., Ellert, B. H., Gregorich, E. G., Lemke, R. L., Pattey, E., Rochette, P., and Wagner-Riddle, C. 2005. Toward improved coefficients for predicting direct N_2O emissions from soil in Canadian agroecosystems. Nutrient Cycling in Agroecosystems 71: 87-99. https://doi.org/10.1007/s10705-004-7358-y.
38. Heller, M. C., and Keoleian, G. A. 2003. Assessing the sustainability of the US food system: A life cycle perspective. Agricultural Systems 76: 1007-1041. https://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00027-6.
39. Hillier, J., Hawes, C., Squire, G., Hilton, A., Wale, S., and Smith, P. 2009. The carbon footprints of food crop production. The International Journal of Agricultural Sustainability 7 (2): 107-118. https://doi.org/10.3763/ijas.2009.0419.
40. Hiwasaki, L., Luna, E., Syamsidik, S., and Shaw, R. 2014. Process for integrating local and indigenous knowledge with science for hydro-meteorological disaster risk reduction and climate change adaptation in coastal and small island communities. The International Journal of Disaster Risk Reduction 10: 15-27. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2014.07.007.
41. Hobbs, P. R., and Govaerts, B. 2010. How conservation agriculture can contribute to buffering climate change. Climate change and crop production 1, Department of crop and soil sciences, 609 Bradfield Hall, Cornell University, Ithaca, NY 14853, USA.
42. Iriarte, A., Rieradevall, J., and Gabarrell, X. 2010. Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. Journal of Cleaner Production 18 (4): 336-345. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.11.004.
43. ISO (International Organization for Standardization). 2006. ISO 14040: 2006(E) Environmental Management-Life Cycle Assessment- Principles and Framework.
44. Karimi, P., Qureshi, A. S., Bahramloo, R., and Molden, D. 2012. Reducing carbon emissions through improved irrigation and groundwater management: A case study from Iran. Agricultural Water Management 108: 52-60. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.09.001.
45. Keikotlhaile, B. M. 2011. Influence of the processing factors on pesticide residues in fruits and vegetables and its application in consumer risk assessment. Ghent University.
46. Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., and Amin Ghafori, A. 2018. Economic evaluation of agroecosystem services of saffron in Khorasan Razavi province. Saffron Agronomy and Technology 6 (1): 89-73. (in Persian with English abstract).
47. Khoshnevisan, B., Rafiei, S., Omid, M., Keyhani, A., and Movahedi, M. 2013. Assessing of energy indices and environmental impacts of potato production (Case study: Fereydoonshahr region, Isfahan province). Iranian Journal of Biosystems Engineering 44 (1): 57-66. (in Persian with English abstract).
48. Khresat, S. 2016. Practicing conservation agriculture to mitigate and adapt to climate change in Jordan. Geophysical Research 18: 685.
49. Koocheki, A. 2018. Agro-ecological aspects of saffron production with a holistic approach. In: Fifth National Conference on Saffron, November 14-15, Torbat-Heydarieh, Iran. (in Persian with English abstract).
50. Koocheki, A., Karbasi, A. R., and Seyyedi, S. M. 2017. Some reasons for saffron yield loss over the last 30 years period. Saffron Agronomy and Technology 5 (2): 107-122. (in Persian with English abstract).
51. Koocheki, A., Khorramel, S., and Shabahang, J. 2021. Evaluation of quality criteria and yield of saffron on simulated On-farm conditions. Journal of Saffron Research 9 (1): 95-114. (in Persian with English abstract).
52. Koocheki, A., Nassiri, M., Alizadeh, A., and Ganjali, A. 2009. Modelling the impact of climate change on flowering behaviour of saffron (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 7 (2): 583-594. (in Persian with English abstract).
53. Lee, H., Lautenbach, S., Nieto, A. P. G., Bondeau, A., Cramer, W., and Geijzendorffer, I. R. 2019. The impact of conservation farming practices on Mediterranean agro-ecosystem services provisioning- A meta-analysis. Regional Environmental Change 1-16. https://doi.org/10.1007/s10113-018-1447-y.
54. McKune, S. L., Borresen, B. C., Young, A. G., Ryley, T. D. A., Russo, S. L., Camara, A. D., Coleman, M., and Ryan, E. P. 2015. Climate change through a gendered lens: Examining livestock holder food security. Global Food Security 6: 1-8. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2015.05.001.

55. Menzel, A. 2000. Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996. The International Society of Biometeorology 44: 76-81. https://doi.org/10.1007/s004840000054.
56. Molina, R. V., Garcıa-Luis, A., Coll, V., Ferrer, C., and Valero, M. 2004. Flower formation in the saffron (*Crocus sativus* L.). The role of temperature. Acta Horticulturae 650: 39-47.
57. Molina, R. V., Valerol, M., Navarro1, Y., Guardiola, J. L., and García-Luis, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulturae 103: 361-379. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.06.005.
58. Montanari, B., and Bergh, S. I. 2019. Why women's traditional knowledge matters in the production processes of natural product development: The case of the Green Morocco Plan. Women's Studies International Forum 77: 102-275. https://doi.org/10.1016/j.wsif.2019.102275.
59. Morugán-Coronado, A., Linares, C., Gómez-López, M. D., Faz, Á., and Zornoza, R. 2020. The impact of intercropping, tillage and fertilizer type on soil and crop yield in fruit orchards under Mediterranean conditions: A meta-analysis of field studies. Agricultural Systems 178: 102-736. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102736.
60. Moudrý, J., Jelínková, Z., Plch, R., Moudrý, J., Konvalina, P., and Hyšpler, R. 2013. The emissions of greenhouse gases produced during growing and processing of wheat products in the Czech Republic. Journal of Food, Agriculture and Environment 11 (1): 1133-1136.
61. Murage, A. W., Pittchar, J. O., Midega, C. A. O., Onyango, C. O., and Khan, Z. R. 2015. Gender specific perceptions and adoption of the climate-smart push-pull technology in eastern Africa. Crop Protection 76: 83-91. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.06.014.
62. Oehl, F., Oberson, A., Tagmann, H. U., Besson, J. M., Dubois, D., Mäder, P., Roth, H. R., and Frossard, E. 2002. *Phosphorus* budget and phosphorus availability in soils under organic and conventional farming. Nutrient Cycling in Agroecosystems 62: 25-35. https://doi.org/10.1023/A:1015195023724.
63. Ramedani, Z., Rafiee, S., and Heidari, M. D. 2011. An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farms. Energy 36 (11): 6340-6344. https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.09.042.
64. Rezvanfar, A., Sameiee, A., and Faham, E. 2009. Analysis of factors affecting adoption of sustainable soil conservation practices among wheat growers. World Applied Sciences Journal 6 (5): 644-651.
65. Robertson, G. P., Paul, E. A., and Harwood, R. R. 2000. Greenhouse gases in intensive agriculture: Contribution of individual gases to the radiate forcing of the atmosphere. Science 289: 1922-1925. DOI: 10.1126/science.289.5486.1922.
66. Rochette, P. 2008. Estimation of N_2O emissions from agricultural soils in Canada, I: Development of a country specific methodology. Canadian Journal of Soil Science 88 (5): 641-654.
67. Romero-Gámez, M., Audsley, E., and Suárez-Rey, E. M. 2014. Life cycle assessment of cultivating lettuce and escarole in Spain. Journal of Cleaner Production 73: 193-203. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.053.
68. Salick, J., and Ross, N. 2009. Traditional peoples and climate change. Global Environmental Change 19 (2): 137-139.
69. Shahvali, M. 2011. Enriching indigenous knowledge: An alternative paradigm for empowerment. Knowledge Management for Development Journal. 6: 194-205. (in Persian with English abstract).
70. Six, J., Ogle, S. M., Conant, R. T., Mosier, A. R., and Paustian, K. 2004. The potential to mitigate global warming with no-tillage management is only realized when practised in the long term. Global Change Biology 10 (2): 155-160. https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00730.x.
71. Smith, B. M., Chakrabarti, P., Chatterjee, A., Chatterjee, S., Dey, U. K., Dicks, L. V., Giri, B., Laha, S., Majhi, R. K., and Basu, P. 2017. Collating and validating indigenous and local knowledge to apply multiple knowledge systems to an environmental challenge: A case-study of pollinators in India. Biological Conservation 211: 20-28. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.04.032.
72. Strauch, M., Rurai, M. T., and Almedom, A. M. 2016. Influence of forest management systems on natural resource use and provision of ecosystem services in Tanzania 2016. Journal of Environmental Management 180: 35-44. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.05.004.
73. Su, Z., Zhang, J., Wu, W., Cai, D., Lv, J., Jiang, G., Huang, J., Gao, J., Hartmann, R., and Gabriels, D. 2007. Effects of conservation tillage practices on winter wheat water-use efficiency and crop yield on the Loess Plateau, China. Agricultural Water Management 87 (3): 307-314. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.08.005.
74. Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., and Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature 418: 671-677. https://doi.org/10.1038/nature01014.
75. Tubiello, F. N., Salvatore, M., Ferrara, A. F., House, J., Federici, S., Rossi, S., Biancalani, R., Condor Golec, R. D., Jacobs, H., Flammini, A., Prosperi, P., Cardenas-Galindo, P., Schmidhuber, J., Sanz Sanchez, M. J., Srivastava, N., and Smith, P. 2015. The contribution of agriculture, forestry and other land use activities to global warming, 1990-2012. Global Change Biology 21 (7): 2655-2660.https://doi.org/10.1111/gcb.12865.
76. Turner, N., and Garibaldi, A. 2004. Cultural keystone species: Implications for ecological conservation and restoration. Ecology and Society 9 (3): 1.
77. UN-CFCCC. 2013. Best practices and available tools for the use of indigenous and traditional knowledge and

practices for adaptation, and the application of gender-sensitive approaches and tools for understanding and assessing impacts, vulnerability and adaptation to climate change. Technical report. Available at: https://unfccc.int/documents/7927. (Accessed 28 April 2018).

78. Van der Hoek, K.W., and Van Schijndel, M.W. 2006. Methane and nitrous oxide emissions from animal manure management 1990-2003. Background document on the calculation method for the Dutch National Inventory Report. RIVM and MNP (Netherlands Environmental Assessment Agency), Beethoven, The Netherlands. p. 1-50.
79. Vicente-Vicente, J. L., García-Ruiz, R., Francaviglia, R., Aguilera, E., and Smith, P. 2016. Soil carbon sequestration rates under Mediterranean woody crops using recommended management practices: A meta-analysis. Agriculture, Ecosystems & Environment 235: 204-214. https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.10.024.
80. White, J. W., Hoogenboom, G., Kimball, B. A., and Wall, G. W. 2011. Methodologies for simulating impacts of climate change on crop production. Field Crops Research 124: 357-368.
81. Woodley, E. 1991. Indigenous ecological knowledge systems and development. Agriculture and Human Values 8 (1-2): 173-178.
82. Yuan, S., and Peng, S. 2017. Trends in the economic return on energy use and energy use efficiency in China's crop production. Renewable and Sustainable Energy Reviews 70: 836-844. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.264.
83. Zhang, C., Chen, J., and Wen, Z. 2012. Assessment of policy alternatives and key technologies for energy conservation and water pollution reduction in Chinas synthetic ammonia industry. Journal of Cleaner Production 25: 96-105. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.11.056.
84. Zhang, L., Zhuang, Q., He, Y., Liu, Y., Dongsheng, Y., Zhao, Q., Shi, X., Xing, S., and Wang, G. 2016. Toward optimal soil organic carbon sequestration with effects of agricultural management practices and climate change in Tai-Lake paddy soils of China. Geoderma 275: 28-39. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.04.001.
85. Zolfi Bavariani, M., and Nouruzi, M. 2010. Effect of organic matter on residual phosphorus recovering in a calcareous soil. Journal of Water and Soil Science 14 (52): 87-98. (in Persian with English abstract).
86. Zornoza, R., Acosta, J. A., Bastida, F., Domínguez, S. G., Toledo, D. M., and Faz, A. 2015. Identification of sensitive indicators to assess the interrelationship between soil quality, management practices and human health. Soil 1: 173-185. https://doi.org/10.5194/soil-1-173-2015.